

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034629**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.02.28

(51) Int. Cl. *E21B 43/243* (2006.01)

(21) Номер заявки
201800338

(22) Дата подачи заявки
2018.05.18

(54) **СПОСОБ ТЕРМОГАЗОВОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА**

(43) **2019.11.29**

(56) RU-C1-2433258
RU-C1-2386801
US-C1-4415031
CN-A-106677751

(96) **2018/026 (AZ) 2018.05.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
НЕФТИ И ГАЗА (НИПИИГ) (AZ)**

(72) Изобретатель:
**Исмаилов Фахреддин Саттар оглы,
Сулейманов Багир Алекпер оглы
(AZ), Шан Лианженг (CN), Жанг
Джилин (US), Жанг Янг (CN),
Мухтанов Бакытжан Маратович (KZ)**

(74) Представитель:
Зейналова О.А. (AZ)

(57) Изобретение относится к нефтяной промышленности, в частности к способам добычи нефти с помощью внутрислоевого горения. Задачей изобретения является повышение эффективности термогазовой обработки за счет повышения охвата пласта внутрислоевым горением и создания условий, обеспечивающих взрывобезопасность. Поставленная задача решается тем, что в способе термогазовой обработки пласта, включающем закачку в пласт через добывающую скважину воздуха, закачку инертного газа и воды с последующим отбором через нее нефти, при пластовой температуре не менее 70°C объем закачиваемого инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%, при этом закачку инертного газа - азота, или углекислого газа, или дымовых газов осуществляют одновременно с воздухом, а после воспламенения пласта попеременно со смесью воздуха с инертным газом закачивают воду или воду с добавкой пенообразующего ПАВ. В качестве пенообразующего ПАВ используют сульфанол, или простой полуэфир на основе глицерина, или простой полуэфир на основе этиленгликоля.

034629
B1

034629
B1

Изобретение относится к нефтяной промышленности, в частности к способам добычи нефти с помощью внутрипластового горения.

Известен способ термического воздействия на пласт путем создания внутрипластового движущегося очага горения с применением воздуха в качестве окислителя, при этом в закачиваемый в пласт воздух добавляют трифторид азота [1].

Недостатком способа является необходимость соблюдения дополнительных мер безопасности против взрывов.

Известен способ разработки нефтяной залежи, включающий создание в пласте зоны внутрипластового горения путем закачки в пласт через нагнетательные скважины окислителя и воды и отбор нефти через добывающие скважины [2].

Недостатком способа является низкая скорость продвижения фронта горения в малопроницаемые зоны и увеличения охвата пласта процессом. Кроме того, при термогазовой обработке возможен прорыв свободного кислорода в добывающие скважины, что может привести к взрыву.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому изобретению является способ термогазовой обработки пласта путем закачки в пласт через добывающую скважину окислителя, закачку в скважину охлаждающего флюида, причем объем закачки охлаждающего флюида определяют из условия не превышения максимальной температуры на забое скважины в период отбора нефти 100-180°C, при этом закачку охлаждающего флюида осуществляют сразу после окончания закачки необходимого объема окислителя или до окончания его закачки, в качестве охлаждающего флюида используют воду, щелочной, гелеобразующий или кислотный раствор, нефть, газ, содержащий окислитель, инертный газ, раствор химреагента, разлагающийся при нагреве с выделением инертного газа, и др., в качестве инертного газа используют азот, двуокись углерода, дымовые газы, гелий [3].

Недостатком известного способа является то, что после закачки воздуха при определенных условиях, когда невозможно контролировать концентрацию кислорода в воздухе, возможно возникновение взрывоопасной ситуации. Данный способ не эффективен и при использовании его для регулирования процесса обработки. Закачка нерегулируемого количества воздуха ухудшает условия вытеснения нефти и обуславливает снижение нефтеотдачи.

Задачей изобретения является повышение эффективности термогазовой обработки за счет повышения охвата пласта внутрипластовым горением и создания условий, обеспечивающих взрывобезопасность.

Поставленная задача решается тем, что в способе термогазовой обработки пласта, включающем закачку в пласт через добывающую скважину воздуха, закачку инертного газа и воды с последующим отбором через нее нефти, при пластовой температуре не менее 70°C объем закачиваемого химически инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%, при этом закачку химически инертного газа - азота, или углекислого газа, или дымовых газов осуществляют одновременно с воздухом, а после воспламенения пласта попеременно со смесью воздуха с химически инертным газом закачивают воду или воду с добавкой пенообразующего ПАВ.

В качестве пенообразующего ПАВ используют сульфанол, или простой полуэфир на основе глицерина, или простой полуэфир на основе этиленгликоля.

Сущность изобретения заключается в том, что для повышения эффективности термогазовой обработки по прототипу регулируют объем закачиваемого охлаждающего флюида. В известном способе рассматривают максимальную температуру на забое скважины в период добычи, при этом закачку охлаждающего флюида осуществляют сразу после окончания закачки необходимого объема окислителя - воздуха или до окончания его закачки. В отличие от прототипа в предлагаемом способе для регулирования содержания кислорода в газовой смеси закачку химически инертного газа осуществляют одновременно с воздухом при пластовой температуре не менее 70°C. При этом закачиваемый одновременно с воздухом химически инертный газ регулируют для поддержания содержания кислорода в газовой смеси не выше 10%. Соблюдение содержания кислорода в газовой смеси не выше 10% позволяет исключить возможность возникновения взрывов, выравнивание фронта вытеснения в неоднородном коллекторе.

Для этого в пласте инициируют процесс внутрипластового горения путем закачки воздуха и химически инертного газа и создания в пласте перемещающейся зоны окислительных (экзотермических) реакций. Это позволяет уменьшить вязкость и увеличить подвижность остаточной нефти и облегчить процесс ее извлечения. С целью увеличения охвата пласта воздействием и улучшения процесса теплопередачи поочередно со смесью воздуха и химически инертного газа в скважину закачивается водный раствор пенообразующего ПАВ. В качестве пенообразующих ПАВ используют сульфанол, или простой полуэфир, получаемый алкогольной полимеризацией окисей этилена и пропилена с глицерином (ТУ 2226-015-10488057-94), или простой полуэфир, получаемый алкогольной полимеризацией окисей этилена и пропилена с этиленгликолем (ТУ 2226-039-05766801-2000). Образованный пенный раствор закупоривает зоны высокой проницаемости и способствует вовлечению в разработку и увеличению охватом очагом горения нефтенасыщенных низкопроницаемых участков.

Предложенный способ в промысловых условиях осуществляют следующим образом.

После определения целостности нагнетательной скважины в нее осуществляют закачку смеси воз-

духа и химически инертного газа с расходом $800 \text{ м}^3/\text{ч}$. Объем закачиваемого химически инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%. После установления и распространения зоны горения в пласт закачивают оторочку водного раствора пенообразующего ПАВ в размере 0,02% от объема пор пласта. Образование в пластовых условиях пены и закупорка высокопроницаемых участков способствует продвижению очага горения в следующем цикле в малопроницаемые зоны и увеличению охвата пласта процессом. Циклическую закачку воздуха, химически инертного газа, воды и водного раствора пенообразующего ПАВ продолжают до достаточного разогрева пласта до добывающих скважин.

Для подтверждения эффективности предложенного способа проводились исследования на линейных моделях пласта.

В линейной модели пласта создавалась слоистая пористая среда, где проницаемость низкопроницаемого пласта составляла $0,25 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$, высокопроницаемого $2,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$. Длина линейной модели пласта 0,8 м, внутренний диаметр 0,04 м. Модель заполнялась пористой средой, состоящей из кварцевого песка различной фракции. В пористой среде создают начальную нефтенасыщенность и остаточную водонасыщенность. В экспериментальных исследованиях использовалась вязкая нефть, плотностью 950 кг/м^3 и вязкостью 130 мПа·с. Затем нефть вытеснялась пластовой водой. Исследования проводились при термостатировании 80°C . Для инициирования процесса горения в модель закачивали смесь воздуха с азотом, при этом расход смеси поддерживали около 250 м^3 газа на 1 м^3 породы, модель закрывали на 24 ч. Объем закачиваемого химически инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%. После истечения этого времени в модель закачивали воду или оторочку 5% водного раствора пенообразующего ПАВ. Водный раствор пенообразующего ПАВ увеличивает охват пласта вытеснением за счет закупоривания высокопроницаемых участков. Затем проводили второй цикл внутрипластового горения. Во втором цикле в результате закупорки высокопроницаемых участков образовавшейся пеной закачанная смесь газов не будет прорываться по ним, а в процесс будут вовлечены низкопроницаемые участки. За счет этого в последующих циклах уменьшится удельный расход смеси воздуха с химически инертным газом. После проведения обработки в модель закачивали пластовую воду и определяли прирост коэффициента нефтевытеснения. Результаты экспериментов показаны в таблице.

№ опыта	Коэффициент нефтевытеснения до закачки реагентов, д. ед.	Проведение закачки реагентов	Коэффициент нефтевытеснения после закачки реагентов, д. ед.	Прирост коэффициента нефтевытеснения, %
1	0,56	Смесь воздуха с азотом + вода + смесь воздуха с азотом	0,734	17,4
2	0,55	Смесь воздуха с углекислым газом + вода + смесь воздуха с углекислым газом	0,724	17,4
3	0,56	Смесь воздуха с дымовым газом + вода + смесь воздуха с дымовым газом	0,732	17,2
4	0,55	Смесь воздуха с азотом + раствор сульфанола + смесь воздуха с азотом	0,735	18,5
5	0,54	Смесь воздуха с углекислым газом + раствор сульфанола + смесь воздуха с углекислым газом	0,727	18,7
6	0,54	Смесь воздуха с дымовым газом + раствор сульфанола + смесь воздуха с дымовым газом	0,723	18,3
7	0,55	Смесь воздуха с азотом + раствор простого полуэфира на основе глицерина + смесь воздуха с азотом	0,740	19,0
8	0,54	Смесь воздуха с углекислым газом + раствор простого полуэфира на основе глицерина + смесь воздуха с углекислым газом	0,736	19,6
9	0,56	Смесь воздуха с дымовым газом + раствор простого полуэфира на основе глицерина + смесь воздуха с дымовым газом	0,748	18,8
10	0,55	Смесь воздуха с азотом + раствор простого полуэфира на основе этиленгликоля + смесь воздуха с азотом	0,742	19,2
11	0,56	Смесь воздуха с углекислым газом + раствор простого полуэфира на основе этиленгликоля + смесь воздуха с углекислым газом	0,755	19,5
12	0,54	Смесь воздуха с дымовым газом + раствор простого полуэфира на основе этиленгликоля + смесь воздуха с дымовым газом	0,73	19,0
13	0,55	По прототипу	0,621	7,1

Экспериментальные исследования проводились с использованием в качестве химически инертных газов азота, или углекислого газа, или дымовых газов, а в качестве пенообразующих ПАВ сульфанола, или простого полуэфира, получаемого алкоголятной полимеризацией окисей этилена и пропилена с глицерином, или простого полуэфира, получаемого алкоголятной полимеризацией окисей этилена и пропиленом с этиленгликолем. Для сравнения проводились исследования по прототипу при закачке в модель воздуха, инертного газа и воды (не соблюдая условие: определять объем закачиваемого инертного газа при не превышении содержания кислорода в газовой смеси более 10%).

Как видно из таблицы, при применении предложенного способа термогазовой обработки прирост коэффициента нефтевытеснения увеличивается до 19,6%, а по прототипу значение прироста коэффициента нефтевытеснения составляет 7,1%.

Пример. Глубина залегания пласта составляет 2100 м, эффективная мощность 15 м. Коллектор сложен терригенными породами, пористость пород коллектора составляет 19%, проницаемость 0,1 мкм². Пластовая температура 90°C, пластовое давление 15 МПа. Плотность нефти в пластовых условиях составляет 869 кг/м³, вязкость в пластовых условиях 58 мПа·с. В скважину, выбранную под нагнетание в течение месяца с темпом 20000 м³/сут., закачали воздух вместе с азотом (при этом объем закачиваемого химически инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%). Затем закачивают оторочку воды с добавкой простого полуэфира на основе глицерина в объеме 0,02% от объема пор пласта с темпом закачки 80 м³/сут. После этого чередующиеся циклы закачки газов и водного раствора пенообразующего ПАВ повторяются 3 раза. Прирост добычи нефти, полученный по 12 реагирующим скважинам в течение года, составил 8924 т нефти.

Литература.

1. Авт. св. СССР 407034, E21B 43/24, 1974 г.
2. Патент RU 2109133, E21B 43/243, 1998 г.
3. Патент RU 2433258, E21B 43/243, 2001 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ термогазовой обработки пласта, включающий закачку в пласт через добывающую скважину воздуха, закачку инертного газа и воды с последующим отбором через нее нефти, отличающийся тем, что при пластовой температуре не менее 70°C объем закачиваемого химически инертного газа определяют из условия не превышения содержания кислорода в газовой смеси более 10%, при этом закачку химически инертного газа - азота, или углекислого газа, или дымовых газов осуществляют одновременно с воздухом, а после воспламенения пласта попеременно со смесью воздуха с химически инертным газом закачивают воду или воду с добавкой пенообразующего ПАВ.

2. Способ термогазовой обработки пласта по п.1, отличающийся тем, что в качестве пенообразующего ПАВ используют сульфанол, или простой полуэфир на основе глицерина, или простой полуэфир на основе этиленгликоля.

